Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.	34	239–264	München, 15. 12. 1994

Säugetierfunde aus Karstspalten – Die komplexe Genese am Beispiel eines Steinbruches bei Petersbuch, Südliche Frankenalb (Bayern)

Von THOMAS BOLLIGER*) & MICHAEL RUMMEL**)

Mit 6 Abbildungen und 2 Tafeln

Kurzfassung

Aus dem Steinbruch der Firma A. SCHÖPFEL werden mehrere neue Karstfüllungen hinsichtlich ihrer Fauna, Ökologie und Genese der Verfüllung beschrieben. Es liegen teilweise zeitlich vermischte Faunen vor, die stratigraphisch dem Oligozän, Unter-, Mittel-, und Obermiozän, sowie dem Pleistozän zuzuordnen sind.

Erstmals können mehrere Faunen aus dem Obermiozän der Südlichen Frankenalb nachgewiesen werden. Diese zeigen in ihrer Zusammensetzung Unterschiede, die möglicherweise ökologisch bedingt, bzw. auf minimale zeitliche Differenzen der einzelnen Fundkomplexe untereinander zurückzuführen sind.

Im weiteren wird speziell auf die Spaltengenese und allgemein auf diverse Füllvorgänge hingewiesen.

Zudem wird die Anwendbarkeit des Begriffs „Karstsystem" auf das Untersuchungsgebiet diskutiert.

Abstract

Some new fissure fillings from South Germany are described concerning their fauna, ecology and genesis. Most of the fissure-fillings are mixed, with faunal elements of different ages, which could be dated to the Oligocene, the Lower-, Middle,- and Upper Miocene and the Pleistocene.

For the first time some fissure-fillings of the Franken Alb could be dated as Upper Miocene. These faunal associations show some differences which may have ecological or minimal chronological reasons. In the following part the problem of the filling-process of the sites is discussed.

At last the arrangement of different parts of a fissure-filling are discussed regarding to the investigation area.

*) Dr. T. BOLLIGER, Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich, Künstlergasse 16, CH-8006 Zürich

**) Dipl.-Geol. M. RUMMEL, Institut für Paläontologie u. hist. Geologie der Universität München, Richard-Wagner-Straße 10, D-80333 München

Inhalt

1. Einleitung

Faunen aus Spaltenfüllungen sind oft sehr reichhaltig und hervorragend erhalten. Dieser Umstand wurde schon früh bemerkt, weshalb solche Faunen schon um die Jahrhundertwende ausgebeutet und bearbeitet wurden (z. B. Eichstätter Gebiet: SCHLOSSER 1902, 1916; La Grive: DEPÉRET 1892, GAILLARD 1897, MAJOR 1899). Bei der Aufstellung von Korrelationssystemen (MN-Units, MEIN 1975, 1989; MP-Units, SCHMIDT-KITTLER 1989) wurden in der Folge einige dieser gut bearbeiteten Faunenlokalitäten als Referenzfaunen aufgenommen. Daß Spaltenfaunen problematisch sind, wurde schon von mehreren Autoren erwähnt (z. B. DEHM 1978, MAYO 1982, BERGER 1992). Bei zukünftigen Revisionen des MN-Korrelationssystems sind diese Fundstellen mit stratifizierten Faunen (möglichst aus Profilen mit mehreren Säugerfundstellen) auf ihre Einstufung zu überprüfen (und evtl. durch diese zu ersetzen, wie dies im Fall von Vieux-Collonges erfolgt ist). Die MP- und MN-Zonierungen, welche ein gutes europäisches Korrelations-Kommunikationsmittel darstellen, werden wegen dieser Problematik in einigen Fachkreisen wenig verwendet.

Mehrere Besuche und detaillierte Beprobungen der Karstspaltensysteme im Weißjura-δ der Firma A. SCHOPFEL bei Petersbuch eröffneten dort auftretende, hochkomplizierte Alters- und Ablagerungsverhältnisse. Die diffizilen Altersbeziehungen der vorgefundenen Karstsysteme übertrafen das Erwartete bei weitem. Da ähnliche Schwierigkeiten bei der Beprobung ebenfalls an anderen Fundstellen auftraten (z. B. Burgmagerbein, Grafenmühle und Rothenstein), sollen hier am Beispiel Petersbuch die Freuden und Leiden der wissenschaftlichen Bearbeiter von Karstfaunen dargelegt werden.

Das gesammelte Fundmaterial befindet sich mit wenigen Ausnahmen im Besitz der Autoren und der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, München, (Mitteilung der Fundstellen an Herrn Prof. K. HEISSIG ab Sommer 1992). Die Angaben über Sedimentmengen, sowie die Erstellung der Faunenlisten beruhen ausschließlich auf dem von den Autoren geborgenen Material.

Sehr zum Dank verpflichtet sind wir Herrn A. SCHOPFEL für die Erlaubnis zur Materialgewinnung, sowie den Herren Prof. K. HEISSIG, München, Prof. J. Th. GROISS, Erlangen, Herrn Dr. H. MAYR, München, Frau Dr. WU, München/Beijing, und Dr. E. J. P. HEIZMANN, Stuttgart, für anregende Hinweise zur Problematik fossilführender Karstspalten.

Bei Herrn U. SCHMID, Augsburg, bedanken wir uns für die Hilfe bei der Bergung des Materials und für die Erlaubnis zur Begutachtung seiner Fundstücke.

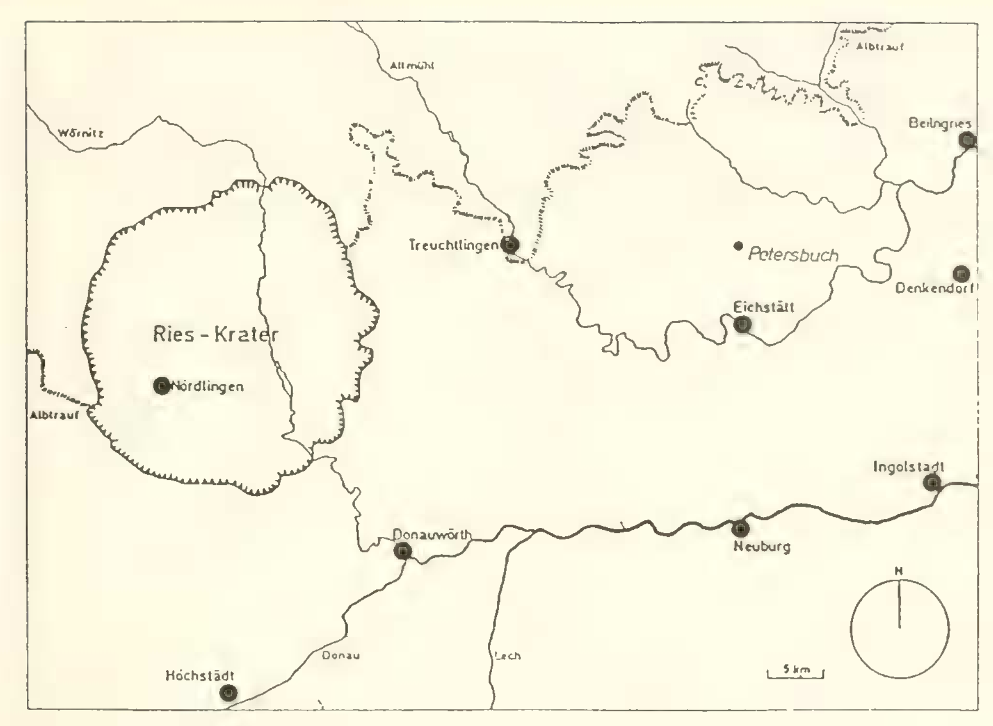


Abb. 1: Lage des Steinbruchgebietes Petersbuch-Kaldorf-Erkertshofen (nach HEISSIG 1978)

Die anfängliche Probennahme im Sommer 1992 an mehreren Aufschlüssen und die daraus rekonstruierten, z. T. komplizierten Ablagerungsbedingungen und Altersstellungen veranlaßten uns zu einer Beprobung aller, auch anscheinend fossilleerer oder unergiebiger Spalten (soweit zugänglich) im gesamten Steinbruch (vgl. Abb. 2). Zudem wurde eine getrennte Beprobung fossilreicher Spalten an verschiedenen Stellen vorgenommen, um mögliche zeitliche Unterschiede in der Fauna zu erfassen.

Die Kennzeichnung der einzelnen Fundstellen erfolgte nach den Vorschlägen von DEHM & FAHLBUSCH 1970. Die Ortsbezeichnung Petersbuch wird im Text öfters mit „P", Weißjura mit „WJ" abgekürzt. Die Beschreibung der einzelnen Fundstellen im Steinbruch erfolgt in der Reihenfolge des Auffindens.

Bisher aufgefundene und bearbeitete Fundstellen in der näheren Umgebung :

Petersbuch 1	:	KOENIGSWALD (1970), Mittelpleistozän
Petersbuch 2	:	HEISSIG (1978), WU (1993), MN 4a (evtl. Anteile von MN 5)
Petersbuch 3	:	HEISSIG (1978), MN 4a (evtl. Anteile von MN 5), hangender, karbonatischer Bereich von P 2 (in HEISSIG 1978 nicht als P 3 bezeichnet)
Petersbuch 4	:	RUMMEL (1992), MN 4b
Petersbuch 5 (a u. b)	:	RUMMEL (1992), MN 4(b)

Da Petersbuch 1 - Petersbuch 5 bereits beschrieben sind und nicht in der direkten Umgebung der neueren Fundstellen lagen (andere Steinbruche von Petersbuch), wird an dieser Stelle nicht weiter auf sie eingegangen.

2. Die fossilführenden Karstspalten im Steinbruch Schopfel, Petersbuch

Die einzelnen Fundstellen werden im folgenden kurz hinsichtlich ihrer Lage, der Sedimentbeschaffenheit und der jeweiligen Fauna dargestellt. Eine eingehende Faunenbearbeitung (besonders der Komplexe P 6, 10, 14 und 18) ist geplant.

——————— gute bis sehr gute Fossilführung
——— gering fossilführend
- - - - - - - - fossilfrei od. nicht beprobt

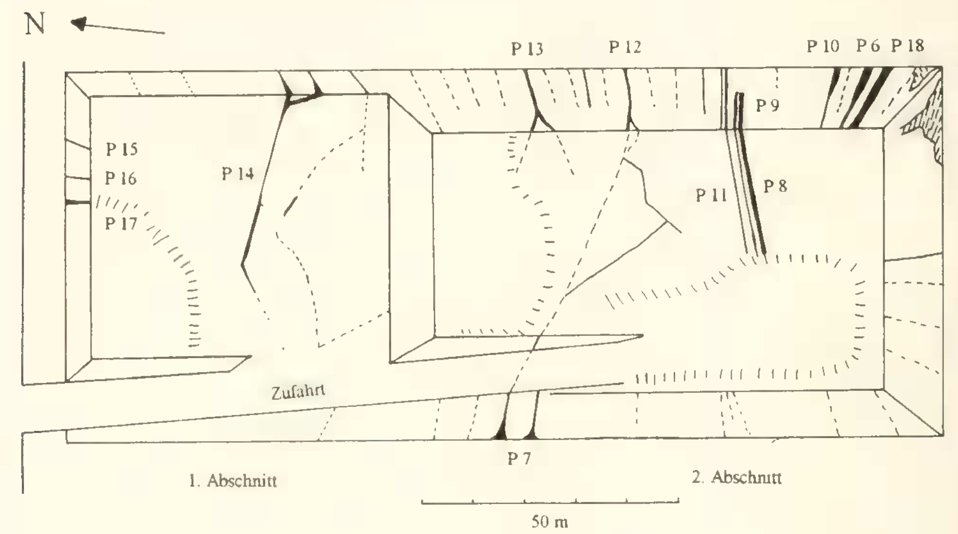


Abb. 2: Die fossilführenden Karstspalten im Steinbruch der Fa. Schopfel, Petersbuch, Aufsicht Blatt 7033 Titting - r : 444000 h : 542700 ±540 m ü. NN im Weißjura δ (Treuchtlinger Marmor)

P e t e r s b u c h 6 (MN 8 od. 9 mit Oligozän, Untermiozän und Pleistozän als Beimengung): Taf. 1, Fig. 1.

Die Fundstelle wurde im Sommer 1992 aufgefunden (Rummel 1993). Sie befand sich in der Ostwand des Bruches. Die Karstspalte war bis 4 m unterhalb der Bruchkante zugänglich, bei einer max. Breite von 1,5 m im oberen und 0,4 m im unteren Spaltenbereich. Das heterogene Sediment war dunkelbraun, stellenweise auch hellbraun ausgebildet. Selten wurden dunkelbraune (umgelagerte) Tonschmitzen in den hangenden Bereichen, im unteren Bereich und an den Spaltenrändern beobachtet. In der gesamten Füllung waren Weißjura-Scherben und autigen gebildete Kalke auffindbar. Diese Spaltenkalkstücke erreichten eine Größe bis 50 cm. Den Abschluß der Fundstelle im Hangenden bildete ein durchschnittlich 1,4 m mächtiges, dunkelbraunes und fossilfreies (pleistozänes?) Sediment. Über den ganzen Spaltenbereich waren Bohnerze relativ selten.

Die überwiegend aus Kleinsäugern bestehende Fauna war ungleichmäßig im Spaltenmaterial verteilt. Vereinzelt lagen Anhäufungen mit einer sehr hohen Konzentration fossiler Wirbeltierreste in Aushöhlungen und Nischen, sowie an den Spaltenrändern des Weißjura δ vor. Eine Größensortierung der Fossilien war nicht feststellbar.

Das Fundmaterial war z. T. mit Manganoxid umkrustet, bzw. durch eine Mn/Fe-Lösung imprägniert und durch eine Phosphatisierung gut fossilisiert, was den sehr guten Erhaltungsgrad des Materials erklärt.

Als einzige Beimengung aus dem Oligozän fand sich ein unbezahnter Nagerunterkiefer, der relativ sicher als *Pseudosciurus* sp. bestimmt werden konnte.

Für eine Umlagerung aus einer MN 4-Fauna spricht ferner ein einzelner *Ligerimys*-Zahn, auf eine Aufarbeitung im (jüngeren) Pleistozän weist ein Arvicoliden Zahn hin (die Möglichkeit einer Probenkontamination vor Ort, sowie bei der Probenaufarbeitung ist allerdings bei der größeren Anzahl von unterschiedlichen Entnahmestellen und der Konzentration von fossilreichem, verschieden altem Material auf engem Raum zu berücksichtigen).

Das Ausschlämmen von ca. 1700 kg lieferte folgende Flora und Fauna :

Celtis sp.	*Eomuscardinus* aff. *sansaniensis*	
Gastropoda indet.	*Myoglis meini*	
Arthropoda indet.	*Pseudodryomys hamadryas*	
Amphibia indet.	*Democricetodon* cf. *freisingensis*	
Reptilia indet.	*Democricetodon* aff. *brevis*	
	Collimys sp.	
Aves div. sp.	*Cricetodon* sp.	
Galerix socialis	*Megacricetodon germanicus*	
Amphechinus sp.	*Megacricetodon similis*	
Proscapanus sp.	*Megacricetodon* aff. *minor*	
cf. *Scaptonyx* sp.	*Eumyarion* sp.	
Plesiodimylus chantrei	*Anomalomys gaudryi*	
Miosorex sp.	*Prolagus oeningensis*	
Soricidae div. sp.	*Lagopsis* aff. *verus* (groß!)	
Dinosorex pachygnathus	*Eurolagus fontannesi*	
Rhinolophus div. sp. (3)	*Micromeryx* sp.	
Miniopterus sp.	*Proputorius* sp.	
Myotis murinoides	*Amphicyon* sp.	
Megaderma sp.	Bovidae indet.	
cf. *Tadarida* sp.	Cervidae indet.	
Vespertilionidae indet.	*Anchitherium* sp	
Spermophilinus bredai	*Microstonyx* sp.	
Forsythia gaudryi	*Pseudosciurus suevicus*	>>> Oligozän
Albanensia sp.		
Keramidomys sp.	*Ligerimys* sp.	>>> Untermiozän
Microdyroms miocaenius		
Miodyromys aegercii	Arvicolidae indet.	>>> Pleistozän

Petersbuch 7 (MN 4 mit Oligozänanteil): Taf. 1, Fig. 2

Die Fundstelle lag in der Westwand, direkt an der Zufahrt, ca. 100 m südlich der Brucheinfahrt. Sie setzte sich aus zwei parallel verlaufenden, NW–SE streichenden und über eine Mächtigkeit von 6,5 m zugänglichen Einzelspalten zusammen, welche 5 m voneinander entfernt waren. Die max. 2 m breiten Spalten waren ca. 5° aus der Vertikalen nach Süden geneigt.

In einer Entfernung von 5 m in östlicher Richtung konvergierten beide Einzelspalten zu einer 1 m–1,5 m breiten Spalte, welche quer durch den Bruch verlief und sich in der östlichen Bruchwand fortsetzte (= P 12).

Der einheitlich braune Spaltenlehm zeigte durchschnittliche Bohnerzgehalte. Im gesamten Spaltenbereich waren Weißjurablöcke eingelagert. Ein abweichendes Füllmaterial war nur im unteren Bereich der nördlich gelegenen Spalte erkennbar; hier lag ein hellbrauner Spaltenkalk mit durch Kalzit ausgefüllten kleinen Hohlräumen vor.

Die Fossilführung war einheitlich, sieht man von örtlichen (biologisch bedingten?), „nesterartigen" Anreicherungen ab, welche sich meist an den Spaltenrändern befanden.

Der Erhaltungsgrad war überwiegend gut bis sehr gut. Die beiden Einzelspalten unterschieden sich, soweit erkennbar, nicht in ihrer Fauna. Die Fossilhäufigkeit war an der schmalen, südlicher gelegenen Spalte geringer als an der benachbarten Fundstelle.

Die beiden Karstspalten in der Westwand zeigten eine reine MN 4-Fauna, sieht man vom Einzelfund eines *Suevosciurus*-Zahnes ab. In einer Entfernung von ca. 4 m in östliche Richtung erfolgte eine Durchmischung mit einer *Pseudosciurus*-Fauna (vgl. P 12), die einhergeht mit einem Wechsel von braunem Spaltenlehm hin zu einem hellbraunen, stellenweise stark manganoxidführenden Spaltenkalk. Der Oligozänanteil stieg linerar zur Entfernung in östliche Richtung an, bis er als reines oligozänes Sediment an der Spalte P 12 vorlag. Die Durchmischung erfolgte nicht über die gesamte Vertikale der Karstspalten gleich, vielmehr unterlagerte das Oligozän das untermiozäne Sediment an der Spalte P 7. In der Mitte des Steinbruches ließ sich miozänes Material nur in den höheren Partien der Spalte nachweisen. An der Stelle P 12 (in der Ostwand) war keine miozäne Beimengung erkennbar.

Das Ausschlämmen von ca. 400 kg lieferte folgende Flora und Fauna :

Celtis sp.
Reptilia indet.
Amphibia indet.
Aves div. sp.
Plesiodimylus bavaricus
Cordylodon intercedens
Talpidae div. sp.
Soricidae div. sp.
Dinosorex zapfei
Galerix cf. *exilis*
cf. *Mioechinus* sp.
Chiroptera div. sp.
Neocometes similis
Palaeosciurus fissurae
Gliridae div. sp.
Ligerimys florancei
Democricetodon franconicus
Melissiodon dominans
Prolagus vasconiensis
Taucanamo sp.
Cainotherium bavaricum
Mustelidae div. sp.
Pseudaelurus sp.
Lagomeryx parvulus
Amphitragulus sp.
Aceratherium sp.
Suevosciurus fraasi >>> Oligozän

P e t e r s b u c h 8 (MN 4 mit Pleistozänanteil): Taf. 1, Fig. 3

Diese Karstfüllung befand sich ca. 20 m nördlich von P 10 in der Ostwand des Bruches. Das aus zwei im 1 m-Abstand parallel verlaufenden Teilspalten bestehende Karstsystem war bis 8 m unter der Oberkante aufgeschlossen und verlief entlang der Kante eines höhergelegenen WJ - Sockels in westliche Richtung. Das Füllmaterial von P 8 war durch einen homogenen, schwach bohnerzführenden Spaltenlehm gekennzeichnet. Die Farbe war, verglichen mit der Matrix von P 7, deutlich heller und feinkörniger ausgebildet.

Die Fossilführung erstreckte sich über die gesamte aufgeschlossene Mächtigkeit der beiden Einzelspalten, bemerkenswert war jedoch eine wenige Zentimeter mächtige, sandige Lehmlage in der südlicheren Spalte, innerhalb der Kleinsäugerreste in sehr gutem Zustand vorlagen (z.T. gut erhaltene Kleinsäuger-Schädel).

Das Ausschlämmen von ca. 300 kg lieferte folgende Fauna :

Osteichthyes div. sp.
Amphibia div. sp.
Reptilia div. sp.
Aves div. sp.
Amphiperatherium frequens
Galerix exilis/symeonidisi
Megaderma sp.
Chiroptera div. gen. et sp.
Plesiodimylus sp.
Talpidae div. sp.
Soricidae div. sp.
Heterosorex sp.
Prolagus vasconiensis
Amphilagus sp.
Melissiodon dominans
Neocometes similis
Palaeosciurus fissurae
Ligerimys sp.
Ligerimys florancei
Pseudotheridomys sp.
Apeomys cf. *tuerkheimae*
Heteromyoxus sp.
Glirudinus undosus
Gliridae div. sp.
Democricetodon sp.
Amphitragulus sp.
Lagomeryx 2 sp.
Aceratherium sp.
Palaeomeryx sp
Anchitherium aurelianensis
Taucanamo sp.
Carnivora div. sp.
Arvicolidae indet. >>> Pleistozän

Petersbuch 9 (altpleistozäne Teilspalte, evtl. mit Miozänanteil): Taf. 1, Fig. 3

Der Karstbereich mit der Bezeichnung P 9 lag in direktem Kontakt der südlichsten Teilspalte von P 8 in der SW-Wand auf. In einer Höhe von ca. 2 m befand sich eine stark grobsandige, bohnerzreiche Füllung, die massenhaft aus dem WJ herauspräparierte Fossilien (Bryozoen, Belemniten, Brachiopoden usw.), sowie WJ-Scherben beinhaltete. Das Sediment zeigte eine ausgeprägte, konkave Schichtung. Die reichhaltige Arvicoliden-Fauna war gleichmäßig über den gesamten Bereich verteilt.

Der Übergang zum untermiozänen Spaltenmaterial von P 8 war scharf begrenzt. Der Fund eines Ochotoniden-Zahnes miozänen(?) Alters ist möglicherweise auf eine Probenkontamination vor Ort zurückzuführen, da bei einer derartigen Fülle an unterschiedlich alten Aufschlüssen auf engem Raum, Verunreinigungen z. B. durch Regenfälle, Tiere und Privatsammler vorkommen.

Die Ausräumung der Karstspalte im Altpleistozän (?) und ihre Neuverfüllung (= P 9) schien zwar tiefgreifend, aber relativ scharf begrenzt zum primären, untermiozänen Sediment stattgefunden zu haben (die Verfüllung mit einem reinen pleistozänen, fossilführenden Material stellt im untersuchten Gebiet die Ausnahme dar, alle anderen Pleistozänsedimente treten ± als mengenmäßig untergeordnete Beimengungen auf. Selten ist jedoch eine tiefergreifende Einlagerung des Sediments zu beobachten und eine genaue Altersbestimmung durch Fossilien ist nur in den seltensten Fällen möglich, so z. B. bei den Karstspalten Weißenburg 11 und Grafenmühle 17 (Heissig 1978, Rummel 1993).

Das Ausschlämmen von ca. 45 kg Material der Spalte P 9 lieferte folgende Fauna :

Osteichthyes div. sp.
Reptilia indet.
cf. *Allophaiomys pliocaenicus*
Arvicolidae indet. 2
Arvicolidae indet. 3
cf. *Trilophomys* sp.
Sciuride indet.
Ochotonide indet. ?Miozän
cf. *Lemmus/Myopus*
Muride cf. *Apodemus* sp.
Beremendia sp.
Soricide indet.
Chiroptera indet.

Petersbuch 10 (MN 8 oder 9 mit Oligozänbeimengung): Taf. 2, Fig. 2

Die Karstspalte befand sich ca. 12 m nördlich der Fundstelle P 6 in der Ostwand. Diese Spalte ist besonders deshalb bemerkenswert, weil der Großteil des Fossilinhaltes auf eine 20–30 cm mächtige, sehr fossilreiche beige bis graue, kalkreiche Lehmschicht beschränkt war. Das Liegende bildete ein homogener, fossilfreier und hellbrauner bis gelblicher Lehm mit Kalzitausfallungen. Oberhalb der „Fundschicht" bildete ein dunkelbrauner bis braungrauer, gering fossilführender Lehm den Spaltenabschluß. Auffällig waren rotbraune, umgelagerte Tongallen mit einem Durchmesser bis 5 cm, welche in der gesamten Füllung auftraten (vgl. P 6).

Die reichhaltige miozäne Kleinsäugerfauna kann ebenfalls, mit Ausnahme von zwei *Pseudosciurus*-Einzelzähnen und einem Einzelzahn von *Lanthanotherium* (möglicherweise ist dieser Beleg nicht umgelagert) als stratigraphisch einheitlich betrachtet werden. Eine vertikale Sedimentschichtung, wie sie an vielen anderen Petersbucher Fundstellen deutlich vorhanden war, ließ sich hier nur ansatzweise, bevorzugt in den liegenden Bereichen feststellen.

Das Ausschlämmen von ca. 450 kg lieferte folgende Flora und Fauna:

Celtis sp.
Gastropoda div. sp.
Arthropoda div. sp.
Amphibia div. sp.
Reptilia indet.
Osteichthyes div. sp.
Pseudosciurus suevicus >>> Oligozän
Spermophilinus bredai
Chiroptera div. sp.
Galerix socialis
Amphechinus sp.
Talpide cf. „*Talpa*" *minuta*
Soricidae div. sp.
Dinosorex sp.
Plesiodimylus chantrei
Lanthanotherium sanmigueli
Cricetodon sp.
Democricetodon cf. *mutilus*
Democricetodon brevis
Collimys sp.
Megacricetodon similis
Megacricetodon aff. *gregarius*
Eumyarion cf. *latior*
Anomalomys gaudryi
Miodyromys aegercii
Microdyromys miocaenicus
Muscardinus sp.
Keramidomys mohleri
Eomyops cf. *oppligeri*
Prolagus oeningensis
Eurolagus sp.
Micromeryx sp.
Mustelide indet.
Pseudarctos aff. *bavaricus*

Petersbuch 11 (MN 3–4 mit Oligozänanteilen):

In einer Entfernung von 1,5 m nördlich der Spalten P 8 und P 9 befand sich ein weiterer, ebenfalls parallel verlaufender Spaltenbereich, der bis zur Basis des abgebauten WJ reichte.

Diese Spalte verlief parallel zu den beiden Karstfüllungen P 8 und P 9 und war vom südlichen, höher gelegenen Absatz bis zur Bruchsohle aufgeschlossen. Die max. Breite betrug ca. 30 cm.

Das Material war ein weitgehend homogen brauner, stellenweise auch rötlich gefärbter Spaltenlehm mit geringer Bohnerzführung. Häufig, bevorzugt an den Rändern der Spalte, traten Kalkkonkretionen und Sintertapeten auf. Auffällig war zudem eine Anhäufung von kleineren WJ Geröllen, Bohnerzen und rötlich gefärbten Ton und Sandlinsen am Rand der Spaltenbasis. Der Erhaltungsgrad des Fossilmaterials ist überwiegend mäßig, infolge einer starken Abrollung der Komponenten. Der hangende, weitgehend homogen ausgebildete Spaltenbereich mit braunem Sediment lieferte den hauptsächlichen Anteil der MN 3–4 Fauna. Die liegenden Bereiche zeigten eine Durchmischung mit oligozänem Spaltenmaterial und

möglicherweise mit pleistozänen Umlagerungen (diese konnten anhand der Fauna jedoch nicht belegt werden, die Sedimentausbildung >dunkelrote Tone< läßt dies aber vermuten).

Das Ausschlämmen von ca. 25 kg lieferte folgende Flora und Fauna :

Celtis sp.
Amphibia indet.
Reptilia indet.
Amphiperatherium sp.
Chiroptera div. sp.
Galerix symeonidisi
cf. *Plesiodimylus* sp.
Cordylodon intercedens
Democricetodon franconicus
Soricidae indet.
Melissiodon dominans
Palaeosciurus fissurae
Neocometes similis
Ligerimys sp.
Ligerimys florancei
Apeomys cf. *tuerkheimae*
Glirulus sp.
Glirudinus sp.
Microdyromys sp.
cf. *Myoglis* sp.
Prolagus vasconiensis
Lagomeryx sp.
Amphitragulus sp.
Cainotherium sp.
Pseudosciurus suevicus >>> Oligozän

Petersbuch 12 (Oligozän mit Pleistozänanteil): Taf. 2, Fig. 3

Diese Karstspalte befand sich etwa in der Mitte der Westwand und reichte von der Bruchbasis bis zur Erdoberfläche. Sie war im Mittel 30 cm breit und stellte die SW-Fortsetzung des Karstbereiches P 7 dar. Das hellbraune Sediment mit Mn/Fe-Ausfällungen und reichlich Bohnerzen war stellenweise karbonatisch gebunden. Die Fossilführung war über den kompletten Spaltenbereich gleich. An der Basis des Spaltenrandes fand sich lokal ein sandiges Material mit Resten von pleistozänen Arvicoliden.

Die *Pseudosciurus/Suevosciurus* Fauna belegt einen mitteloligozänen Altersbereich (MP 20/21?). Als Beimengungen aus dem Altpleistozän sind Reste von Arvicoliden zu werten, welche ausschließlich in den sandigen Bereichen am Rand der Spaltenbasis zu finden waren.

Fauna aus ca. 30 kg Sediment :

Testudinata indet.
Marsupialia indet.
Chiroptera indet.
Pseudosciurus suevicus
Suevosciurus fraasi
Suevosciurus dehmi
Eucricetodon sp.
Gliride indet.
Arvicolidae div. sp. >>> (Alt)pleistozän

Petersbuch 13 (Untermiozän (?) mit Obermiozän und Oligozän als Beimengung): Taf. 2, Fig. 2

Diese Fundstelle lag wenige Meter in nordlicher Richtung von P 12 entfernt. Sie ließ sich von der Bruchkante bis zu einer Teufe von ca. 7 m verfolgen. Das Sediment war ein grauer bis beigefarbener Lehm, welcher gehäuft aufgearbeitete Sinterbildungen bis dm-Größe führte. Die sehr spärlichen Fossilfunde (meist Panzerplatten von Schildkröten) waren durchwegs durch Transport abgerollt.

Im oberen Spaltenbereich waren horizontale Sedimentstrukturen, im unteren Abschnitt zudem vertikale, meist sandige Einlagerungen erkennbar. Das möglicherweise umgelagerte Spaltenmaterial mit einem *Pseudosciurus*-Nachweis war vom übrigen Füllmaterial nicht zu

trennen. Es konnte bisher noch nicht geklärt werden, welches Alter die Hauptmasse der Füllung bildete.

Fauna (vorwiegend durch Absammeln gewonnen, da Schlämmresultate sehr mager ausfielen):

Reptilia indet.	*Prolagus oeningensis*
Rodentia indet.	*Amphilagus* sp.
cf. *Ratufa* sp.	Suidae indet.
Cainotherium sp.	*Pseudosciurus suevicus* >>> Oligozän

P e t e r s b u c h 14 (MN 9 mit {Alt-}Pleistozän): Taf.2, Fig. 1

Es handelte sich um eine, den Bruch in NW -SE Richtung auf der vorderen, höher gelegenen Abbausohle querende Karstspalte mit wechselndem Inhalt (vgl. Abb. 3 [2]). Die Fossilführung war über alle Spaltenbereiche ± gleich, wobei es jedoch punktuell zu Anreicherungen kam. In der Mitte des Aufschlusses überwog ein dunkelbrauner Lehm, welcher gehäuft WJ-Scherben und Bohnerze führte.

Die Fossilreste waren, mit Ausnahme einer angereicherten Horizontalspalte (vgl. Abb. 3 [8]), welche fast ausschließlich Kleinsäuger lieferte, relativ stark gerundet. Eine weitere Besonderheit stellte eine schmale, vertikal verlaufende Spalte dar, deren Fauna mit wenigen Ausnahmen aus z. T. stark gerundeten Großsäugerresten bestand.

Auffällig war der häufige Wechsel von horizontal und vertikal eingelagertem Füllmaterial. Die (dunkel-) braunen, bohnerzführenden Bereiche sind altersmäßig ins Pleistozän zu stellen.

Auf Umlagerungen deutet auch der Umstand hin, daß eine Fossilanreicherung in erodierten Hohlkehlen des WJ δ im umgebenden, fossilarmen Material erhalten geblieben war. Ein halber *Pseudosciurus*-Zahn belegt ferner eine Aufarbeitung von oligozänem Sediment. Manche *Soricidenzähne* zeigen Pigmentierung (→Pleistozän).

Flora und Fauna aus ca. 250 kg Sediment :

Celtis sp.	*Spermophilinus bredai*
Osteichthyes div. sp.	*Miopetaurista* sp.
Reptilia div. sp	*Heteroxerus* sp.
Amphibia div. sp	*Myoglis meini*
Aves div. sp	*Muscardinus* cf. *crusafonti*
Soricidae div. sp. >> z. T. Pleistozän	*Glis vallesiensis*
Dinosorex pachygnathus	*Miodyromys* sp.
Lantanotherium sanmigueli	*Microdyromys* sp.
Amphechinus sp.	*Glirudinus* cf. *gracilis*
Talpidae indet (*?Scaptonyx* sp.)	*Paraglirulus conjunctus*
Plesiodimylus chantrei	*Eurolagus* sp.
Chiroptera div. sp.	*Prolagus oeningensis*
Democricetodon cf. *freisingensis*	*Steneofiber minutus*
Democricetodon aff. *brevis*	*Micromeryx* sp. (2 sp.?)
Megacricetodon aff. *minor*	cf. *Palaeomeryx* sp.
Eumyarion cf. *latior*	Bovidae indet.
Keramidomys sp.	Mustelidae indet.
Eomyops catalaunicus	Carnivora indet.
Anomalomys gaudryi	*Microstonyx* sp.
Pseudosciurus suevicus >>>Oligozän	div. Arvicolidae >>>(Alt)pleistozän

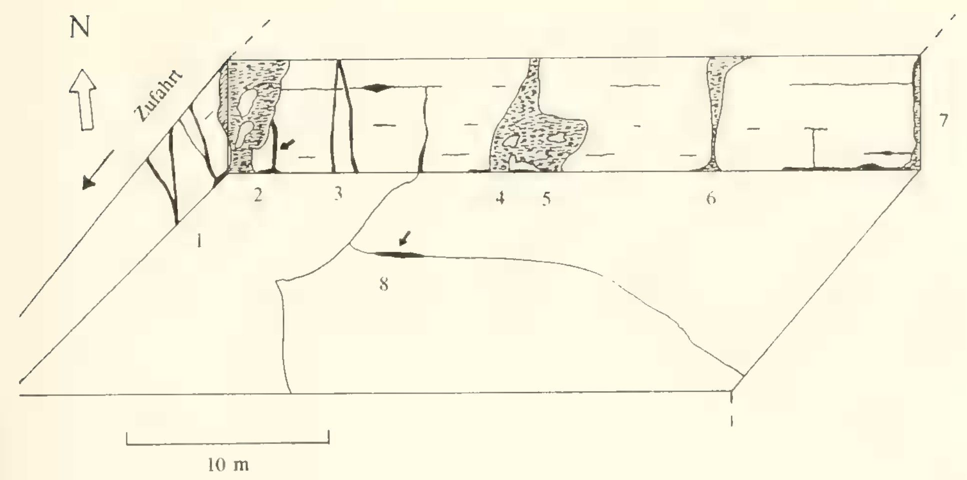


Abb. 3: Die Fundstelle Petersbuch 14 auf dem oberen Bruchabschnitt, Schrägansicht

Legende:
1) im Liegenden Bohnerze und Grobsande, mäßige Fossilführung
2) Breitester Spaltenbereich mit hellgrauem bis braunem Sediment, stark kalzitführend; viel WJ-Versturz; → Anreicherung mit Großsäugerresten
3) hellbraunes Sediment mit Bohnerzen und sekundären Kalzitbildungen, WJ-Gerölle, stellenweise umgelagerte (pleistozäne?) Lehmschwarten erkennbar
4) dunkelbrauner Lehm ± fossilleer, viel Bohnerz und WJ-Schutt; das Sediment wurde vermutlich umgelagert, pleistozänes Alter ist wahrscheinlich
5) hellbrauner, fossilleerer Lehm mit viel Kalzit, vertikal geschichtet
6) homogener, bohnerzführender Lehm mit WJ-Geröllen; fossilleer
7) an den beiden Spaltenrändern des liegenden Spaltenbereiches homogener brauner Lehm mit Bohnerzen; in der Mitte, vertikal geschichtet, hellgrauer weißgefleckter Lehm mit vielen cm-großen Kalzitkügelchen. Im Hangenden Wechsellagerung von homogenem, braunem Lehm und Lagen mit erhöhtem Grobsandanteil. Horizontale und vertikale Schichtungen abwechselnd
8) → hohe Konzentration an Kleinsäuger-Resten (im Hangenden der WJ δ-Bank „130")

P e t e r s b u c h 15 (Untermiozän, MN 4?):

Die Karstspalte mit der Bezeichnung P 15 lag ca. 10 m westlich der nordöstlichen Ecke des Steinbruches in der Nordwand. Die schwach fossilführende Füllung war fleischrot und tonig ausgebildet. Der Fund eines *Gomphotherium*-Zahnrestes, sowie die ähnliche Materialausbildung zur Fundstelle P 7 lassen ein MN 4-Alter vermuten.

Ein differenzierter Einlagerungsvorgang mit unterschiedlichen Sedimenttypen, wie sie z. B. bei P 7 und P 8 erkennbar war, lag nicht vor. Es kann, soweit ersichtlich, von einer unvermischten Füllung dieser Karstspalte ausgegangen werden.

Fauna aus 15 kg Sediment:

Insectivora indet.
Dimylidae indet.
Artiodactyla indet.
Gomphotherium sp.

P e t e r s b u c h 16 (Obermiozän, MN 8 od. 9):

Die Bezeichnung P 16 kennzeichnet eine in der Nordwand gelegene Karstspalte auf dem oberen Abbaubereich. Die nur bis ca. 3 m unter Terrain aufgeschlossene Fundstelle wies ein

beige- bis graufarbenes Sediment auf, welches stellenweise vertikal angeordnete Rutschungs-Strukturen erkennen ließ. Die Fossilführung war nicht auf bestimmte Bereiche beschränkt.

Eine sichere stratigraphische Einstufung aufgrund der (spärlichen) Fauna kann nicht gegeben werden. Die sehr ähnliche Sedimentausbildung im Vergleich zu den Fundstellen P 6, 10, 14, und 17 läßt ein ähnliches Altersniveau (MN 8 od. 9) vermuten.

Fauna aus ca. 15 kg Sediment:

Insectivora indet.
Rodentia indet.
Lagomorpha indet.
Micromeryx sp.

Petersbuch 17 (Obermiozän, MN 8 od. 9?):

Die Stelle mit der Bezeichnung P 17 lag ca. 4 m westlich der Karstspalte P 16. Die Füllung ist im Wesentlichen nicht von der Fundstelle P 16 zu unterscheiden. P 17 lieferte jedoch eine etwas reichere Fauna als P 16.

Sowohl die Fauna als auch die Sedimentausbildung machen ein MN 8 od. 9-Alter wahrscheinlich. Hinweise auf umgelagertes Material waren nicht gegeben.

Fauna aus ca. 25 kg Sediment:

Insectivora div. sp.
Sciuridae indet.
Keramidomys mohleri
Anomalomys gaudryi
Democricetodon cf. *gaillardi*
Carnivora indet.
Micromeryx sp.

Petersbuch 18 (MN 8 od. 9): Taf. 1, Fig. 1

Diese Spalte befand sich ca. 4 m südlich der Spalte P 6 und wies einen ähnlichen Verfüllungsmodus auf, wie die Spalte P 10, d. h. die Hauptfossilführung war auf etwa 20 cm Schichtmächtigkeit beschränkt. Faunistisch sind enge Beziehungen zu P 6 und P 10 erkennbar. Eine erste Schlämmung zeigte eine stark von Fledermaus- und Ochotonidenresten dominierte Fauna.

Flora und Fauna aus ca. 30 kg Sediment:

Celtis sp.
Gastropoda indet.
Arthropoda indet.
Osteichthyes indet.
Amphibia, Reptilia indet.
Aves indet.
Galerix socialis
Amphechinus sp.
Soricidae indet.
Talpidae indet.
Megaderma sp.
Chiroptera div. sp.
Spermophilinus bredai
Albanensia sp.
Keramidomys cf. *mohleri*
Megacricetodon sp.
Megacricetodon aff. *minor*
Megacricetodon aff. *gregarius*
Democricetodon cf. *freisingensis*
Democricetodon aff. *brevis*
Cricetodon sp.
Anomalomys gaudryi
Miodyromys aegercii
Microdyromys miocaenicus
Myglis meini
Paraglirulus conjunctus
Prolagus oeningensis
Lagopsis cf. *verus* (groß!)
Eurolagus sp.
Bovidae indet.

3. Probleme bei der Benennung und Zusammenfassung von Teilbereichen eines Karstsystems

Oftmals sind abbaubedingt jeweils nur Teilbereiche eines Karstsystems (zweidimensional) erkennbar, bzw. zugänglich. Zu einem späteren Zeitpunkt ist eine nachträgliche Zusammenfassung der Teilbereiche meistens aus den verschiedensten Gründen nicht mehr nachvollziehbar. Eine unangenehme Erscheinung der gängigen Vorgehensweise bei der Neubenennung von Fundstellen besteht in Fehlbenennungen und einer daraus resultierenden Verwirrung bei der Durchnumerierung (häufig existieren verschiedene Durchzählungen in derselben Region). Eine besser funktionierende Absprache unter den Bearbeitern solcher Fundstellen wäre angebracht.

Prinzipiell sollte bei der ersten Probennahme detailliert vorgegangen werden (auch eine Beprobung von vordergründig fossilfreien Spalten kann einige Überraschungen bringen!). Eine Durchnumerierung einzelner Teilbereiche mit Buchstaben (wie bei den neueren Herrlinger Fundstellen) ist denkbar. Sollten sich später Übereinstimmungen innerhalb der Teilbereiche des Karstsystems hinsichtlich Fauna, Sediment und Fazies ergeben, so kann eine Zusammenfassung immer noch vorgenommen werden. Notwendig hierfür ist jedoch eine genaue vorherige Lokalisierung des jeweiligen Spaltenbereiches, da nicht selten, wie schon erwähnt, bei fortschreitendem Abbau Orientierungsprobleme auftreten können.

Der Versuch, altersgleiche oder faziell ähnliche Spaltenfüllungen zu übergeordneten Karstsystemen oder Karstregionen zusammenzufassen, wurde von Berger 1986 für einige Fundstellen versucht und diese Vorgehensweise von Rummel 1992 relativiert. Aufgrund unserer Erfahrungen mit den jüngst aufgefundenen Petersbucher Fundstellen ergibt sich eine neue Sichtweise.

Die oben genannten Zusammenfassungen sind offensichtlich nur für Verkarstungsgebiete anzuwenden, die zu bestimmten, abgrenzbaren Zeitbereichen einer Verkarstung (und Verfüllung) unterworfen waren. Da im Petersbucher Gebiet von einer progressiven Verkarstung mit Auf- und Umlagerungen über einen geologisch längerdauernden Zeitraum ausgegangen werden muß, kann eine Zusammenfassung nach dem o. g. Muster nicht angewandt werden. Es lassen sich allenfalls Tendenzen erkennen. So können die „Teilspalten" P 8, P 9 und P 11 sicherlich einem NE-SW streichendem Karstsystem mit einem MN 3/4-Alter zugeordnet werden, wobei die genaue stratigraphische Einstufung z. T. noch unsicher ist. Eine geographische und temporäre, eindeutige Trennung von MN 3/4- und MN 8 od. 9-Spalten mit Hilfe einer Zuordnung zu Karstsystemen ist nicht möglich.

Es stellt sich außerdem prinzipiell die Frage, welchen Informationsgewinn eine derartige Zusammenfassung bringt, abgesehen davon, daß eine Durchmischung von Karstspalten mit verschieden alten Faunenelementen und Sediment nicht die Ausnahme, sondern vielmehr (auf das Bruchgebiet Petersbuch - Kaldorf - Erkertshofen bezogen) die Regel zu sein scheint.

4. MP/MN-Einstufung und quantitative Faunenzusammensetzung

MP 20/21 (?) : Die mitteloligozäne Fundstelle P 12 weist eine *Pseudosciurus/Suevosciurus*-Fauna auf, wie sie von mehreren Spaltenfüllungen der Schwäbisch-Fränkischen Alb bekannt sind. Die Formen sind mit denjenigen von der Grafenmühle 11 und Möhren 36 (Rummel 1993) gut vergleichbar.

MN 1–2 : In diesen Zeitraum ist die Fundstelle P 13 vorerst einzustufen (cf. *Ratufa* und das Vorkommen eines großes *Cainotherium* und mehrere Schildkrötenreste deuten darauf hin). Die Fauna war allerdings äußerst spärlich und somit kann nur eine vorläufige Alterseinstufung gegeben werden.

MN 3–4 : Die Fundstellen P 8 und P 11 unterschieden sich von der Fundstelle P 7 durch die etwas andersartige Sedimentausbildung und das weitgehende Fehlen von modernen Cricetiden, welche an P 7 häufig vorkommen, was die Fundstellen P 8 und P 11 evtl. in den älteren Bereich von MN 4 verweist. In diesen letztgenannten Karstspalten trat zudem der Eomyide *Apeomys* auf. Bisher ist *Apeomys* jedoch nur bis MN 3 bekannt. P 15 ist aufgrund der Sedimentausbildung (im allgemeinen mit Vorsicht zu genießen!) und des *Gomphotherium*-Restes vorläufig in den Bereich MN 3–4 einzustufen.

Die Fundstelle P 7 ist jünger als P 2 und somit wie Erkertshofen 1 und 2 in MN 4b zu stellen. Eine genaue Altersabfolge der MN 4b-Faunen unter Berücksichtigung der umfangreichen Fundstellen P 4 und P 5 steht noch aus. Das reichliche Auftreten von *Democricetodon* in P 7 deutet ein jüngeres Alter gegenüber den insgesamt ähnlichen Faunen von P 8 und P 11 an.

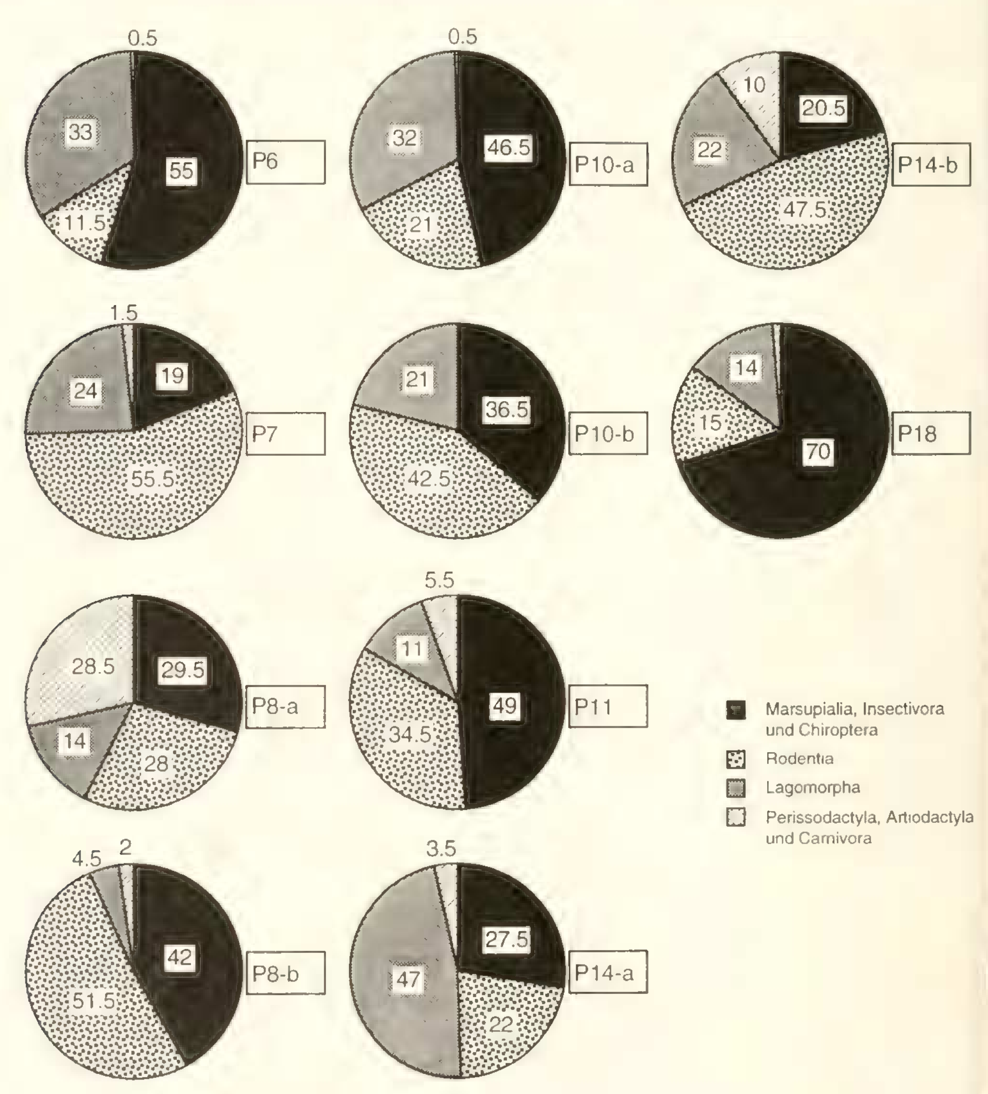


Abb. 4: Die Faunenzusammensetzung der einzelnen Fundstellen in %-Angaben

MN 8 od. 9 : Die feinstratigraphische Trennung der eng benachbarten Fundstellen P 6, 10, 14, 16, 17 und 18 ist, wenn überhaupt, erst nach einer eingehenden Bearbeitung möglich. Sie sind wahrscheinlich nur mit Hilfe stratifizierter Faunen in einer sicheren Profilabfolge in ihrer zeitlichen Stellung festzulegen. Beruhend auf Unterschieden in der quantitativen Faunenzusammensetzung sind die nachfolgenden, vorläufigen Altersabfolgen ermittelt worden (ältere > jüngere Fauna) :
P 6 > P 10 > P 14.

Microstonyx, Muscardinus, Collimys und *Lanthanotherium sanmigueli* sind klar in MN 9 zu stellen und bilden somit die bislang jüngsten Faunenbelege aus Karstspalten aus dem süddeutschen Raum. P 16 und P 17 sind mangels biostratigraphisch verwertbarem Fossilmaterials nicht näher einstufbar. P 6, P 10 und P 18 liegen stratigraphisch sehr nahe zusammen, wobei ein

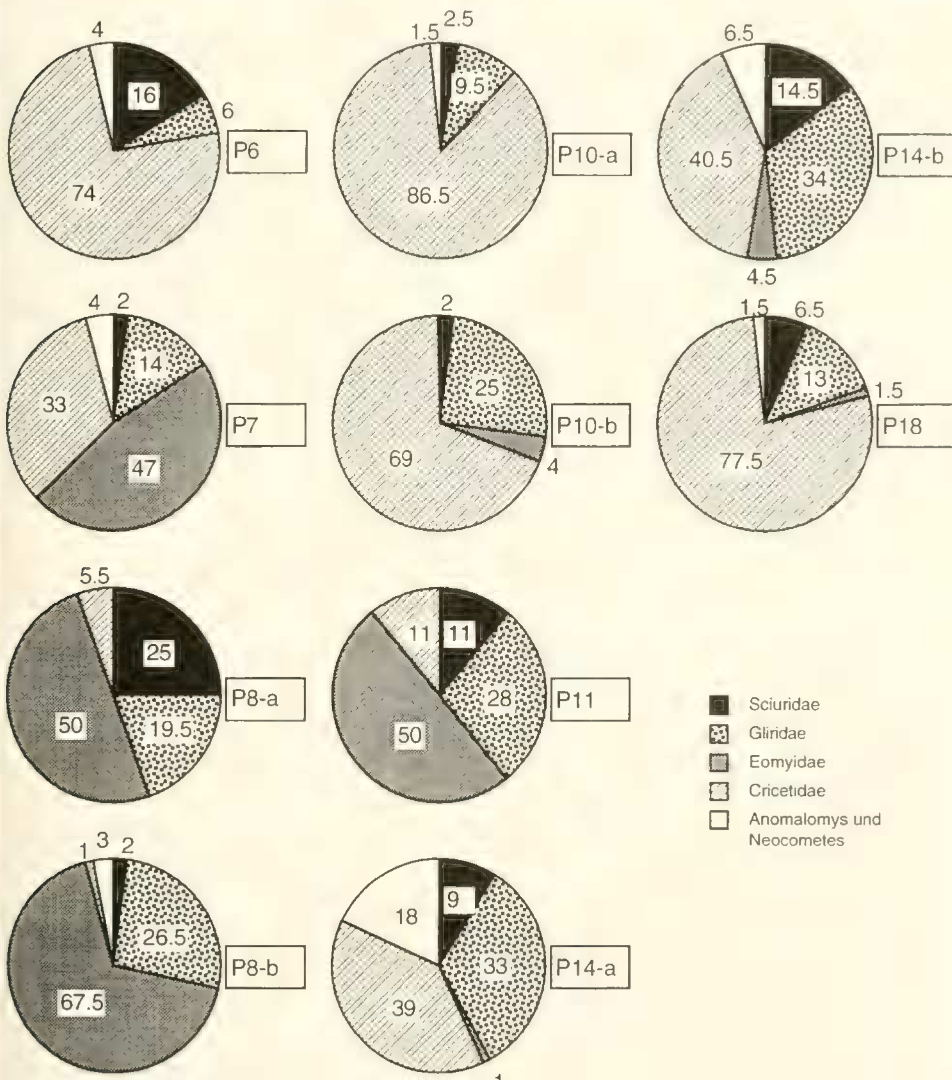


Abb. 5: Die Verteilung der Nagetiere an den einzelnen Fundstellen in %-Angaben

erhöhter Gliridenanteil P 10 möglicherweise als etwas jünger gegenüber P 6 ausweist. In P 10 kommt *Collimys* (=„*Democricetodon*" sp. in KALIN 1992:126ff.) zahlreich vor, der sonst nur noch in P 6 durch wenige Zahn- und Kieferreste nachgewiesen werden konnte.

Möglicherweise ist die unterschiedliche Faunenzusammensetzung nicht evolutionär bedingt, sondern hat ökologische Gründe. Ein kleinräumiges Biotop auf einer Karsthochfläche, wie es der unmittelbare Einzugsbereich einer Spalte darstellte, kann innerhalb einer geologisch nicht nennenswerten Zeit extremen Veränderungen unterworfen sein (z. B. Änderung des Grundwasserniveaus mit Vegetationsänderung, Verlagerung von Bach- oder Flußläufen, wechselnder Bestand von Beutegreifern u.v.m.). Die resultierende Veränderung in der überlieferten Fauna eines größeren Verkarstungsgebietes ist in der Auswertung und Beurteilung nur schwer, oder nicht von zeitlich eng benachbarten Faunengruppierungen zu trennen.

MN 17–18 : Die Fundstelle P 9 zeigt eine typische Vergesellschaftung des Altpleistozäns.

Jungpleistozän? : Die Fundstelle P 6 lieferte einen Arvicoliden-Zahn, der aufgrund seiner Morphologie eher ins jüngere Pleistozän zu stellen ist (eine jungpleistozäne Fauna ist z. B. aus der in einem benachbarten Steinbruch gelegenen Fundstelle P 19 [unveröff.] bekannt).

Die quantitativen Verteilungen der Säugerreste der einzelnen Spalten (Abb. 4 u. 5) lassen nur wenige Rückschlüsse zu. Auffällig waren teilweise größere Abweichungen in der Faunenzusammensetzung unterschiedlicher Probenahmen aus einer Spalte an verschiedenen Stellen. Aus einer winzigen Nische im WJ der Spalte P 14 konnte, wie schon erwähnt, eine umfangreiche Kleinsäugerfauna ausgeschlämmt werden, während eine Stelle nur wenige Meter entfernt ausschließlich Großsäugerreste enthielt (vgl. Abb. 3). Innerhalb der Nager ließen sich Tendenzen in der Faunenzusammensetzung erkennen, welche eher auf stratigraphisch-ökologische Gründe zurückzuführen sein könnten. So überwiegen in allen MN 4- Spaltenfaunen die Eomyiden (P 7, P 8, P 11), in den MN 8 od. 9-Faunen dagegen die Cricetiden (P 6, P 10, P 14, P 18). In den obermiozänen Faunen läßt sich eine vage Tendenz der Zunahme des Gliriden-Anteils erkennen, gleichzeitig wird *Anomalomys* etwas häufiger. Die Sciuriden schwanken in ihrer Bedeutung eher willkürlich mit einem insgesamt relativ konstanten Anteil.

5. Spaltengenese

Karstfüllungen können genetisch in vier Grundtypen gegliedert werden :

A) homogene Einlagerung

B) chaotische Lagerung

C) horizontale Schichtung

D) vertikale Schichtung

Diese vier Arten von Karstfüllungen kommen in allen möglichen Kombinationen vor, für eine sekundäre Vermischung können zudem nachträgliche Rutschungen u. ä. beitragen.

Typ A deutet in der Regel auf eine rasche Sedimentation bei ± gleichbleibender Lieferenergie hin. (z. B. P 4, P 6, Weißenburg 9 und 12). Für den Typ B gilt ähnliches, es ist nur von einer wechselnden (und meist höheren) Lieferenergie für das Füllmaterial auszugehen. Während bei Typ A die Korngrößenverteilung der Sedimentkomponenten relativ einheitlich ist, ist ein weites Spektrum der Verteilung im Fall B zu erwarten (z. B. Grafenmühle 17, 21), das Sediment hat „Fanglomerat-Charakter" und ist unserer Meinung nach auf einen sehr schnellen, höherenergetischen Sedimentationsverlauf zurückzuführen. Während bei Typ A überwiegend verstürztes Material des umgebenden WJ-Kalkes in die Spalte eingelagert wurde, liegt bei Typ B meist Fremdmaterial vor. Oftmals ist diese Fazies kaum von Typ C zu unterscheiden, insbesondere, wenn nur geringe Mächtigkeiten der Karstspalte erschlossen sind. Bei diesem

Grundtyp (C), der auf eine zyklisch-temporäre Sedimentation zurückzuführen ist, kommt es häufig bei scharf getrennten Übergängen zu großen Unterschieden in den Korngrößen. Somit muß von einer stark wechselnden Transportenergie ausgegangen werden (z. B. Möhren 11, Möhren 21, Weißenburg 16, P 14 im östlichen Bereich, P 4-Nordwand). In den Fällen von P 10 und P 18 dürften Sedimentationsunterbrechungen zur Horizontalschichtung geführt haben. Eine synsedimentäre Rutschung und/oder Setzung des Materials, sowie eine Ausräumung der oberen Spaltenbereiche ist anzunehmen.

Abb. 6: Grundtypen von Karstspaltenfüllungen

Fülltyp C stellt zusammen mit Typ A einen Großteil der Spaltensedimente. Typ D entsteht durch Austrocknung, Ausspülung, tektonische Vorgänge und durch progressive Verkarstung, was z. T. mehrmalige Aufarbeitung und Umlagerung zur Folge haben kann. Auffällig ist der häufig anzutreffende, scharfe Übergang der verschiedenen Sedimenttypen, sowie die tiefe Basis der Aufarbeitungen und Neuverfüllungen (z. B. Grafenmühle 17 : Altpleistozän auf ca. –8 bis –10 m; P 12 : Pleistozän auf ca. -10 m). Oftmals sind an Spaltenlängsschnitten Schrägschichtungen erkennbar, die möglicherweise auf einen Sedimenteintrag aus einem höhergelegenen und versetzten Bereich eingerutscht sind. Konvex geschichtete oder turbulent gebänderte Sedimente deuten hingegen auf einen einmaligen, schnell verlaufenden Einsackungsvorgang hin.

Für die Einlagerung des biogenen Materials in die Karstspalten sind im wesentlichen drei Vorgänge denkbar, welche sich letztendlich auch am unterschiedlichen Erhaltungsgrad der Fossilien widerspiegeln. Zum Einen erfolgte der Eintrag über eine größere Strecke (z. B. bei Regenfällen und/oder durch Bäche) in das Karstsystem. Die Folge ist oftmals eine starke Rundung der Komponenten (meist Großsäuger), die bis zur völligen Aufarbeitung führen kann (P 14, P 13, Grafenmühle 6 u. 11). Durch Umlagerung (Transport) korrodierte Kleinsäugerreste lassen sich nur schwer von angeätzten Resten aus Vogelgewöllen unterscheiden.

Eine andere Möglichkeit der Verfüllung ist durch einen Einbruch (evtl. mit Trockenfallen) einer verstopften, wassergefüllten Doline, welche als Tränke diente, gegeben (dieser Fall trifft unserer Meinung nach bei der Fundstelle Rothenstein 1/13 zu (vgl. DEHM 1961, RUMMEL 1992).

Von nahegelegenen Fraßplätzen kann zudem eine Anlieferung von Beuteüberresten erfolgt sein (→ Fraßspuren!). Dieser Füllvorgang ist meist an der „natürlichen" Verteilung von Groß- und Kleinsäuger erkennbar. Ein weiteres Kriterium stellen bei dieser Art der Einlagerung bestimmte Sedimentstrukturen wie Rutschungen und Faunenelemente, welche auf ein spezielles Biotop verweisen, dar. Nicht selten können in solchen Sedimenten Süßwassergastropoden und Characeen, sowie die entsprechende Wirbeltierfauna, welche ein Feuchtbiotop bewohn-

ten, gefunden werden (z. B. Möhren 25). Oftmals tritt zudem eine Größensortierung der fossilen Komponenten auf und im Sediment ist ein höherer Kalkanteil festzustellen. Die fossilen Reste sind meist relativ gut erhalten, da kein weiter Transport erfolgte und sie kaum längere Zeit ohne Sedimentbedeckung waren. Manchmal tritt eine Umkrustung der Fossilien mit einer Algen- bzw. Bakterienmatte auf (Grafenmühle 11, Rothenstein 1/13, Möhren 6), was allerdings auch auf eine längere Verweildauer der Komponenten ohne Sedimentbedeckung hindeuten kann. Ein Spezialfall ist gegeben, wenn Süßwasserkalk-Ablagerungen in der näheren Umgebung der Karstspalte anstehen und sich evtl. mit einem geringen Fazieswechsel in das Karstsystem erstrecken (ein anschauliches Beispiel hierfür sind die Fundstelle Möhren 25 und Grafenmühle 18). Oftmals stellen an solchen Fundstellen *Diplocynodon*-Reste einen nicht minderen Anteil an der Gesamtfauna. Ätzspuren an Großsäugerzähnen dieser Fundstellen können auf eine Anlösung des Zahnschmelzes durch die Magensäure dieser Krokodile hindeuten.

Eine weitere biogene Konzentration, überwiegend bei Kleinsäugerfaunen, dürfte zum großen Teil durch eine Anreicherung mit Gewöllen von Nachtraubvögel zu erklären sein. ANDREWS (1990:173) schreibt dazu: „...the minimal evidence of digestion excludes all predators exept a category 1 predator (Table 3.14“ [Schleiereule, Kurz-/Langohreule, Uhu]). Letztere Arten sind rezent die einzigen, deren Gewöllreste praktisch unzerstörte Knochen, ganze Kiefer und Schädelreste liefern, wie wir sie in den Karstfüllungen P 6, P 10 und P 18 aufgefunden haben. Dort lagen oft isolierte Einzelzähne neben den dazugehörigen Kieferresten, was ein weiterer Hinweis auf einen Transport durch Gewöllreste darstellt. Auch die Beobachtung, daß oftmals kleine Stellen im Sediment von P 6 mit einer stark erhöhten Fossilkonzentration auftraten, scheint die Vermutung des Anreicherungsvorganges durch Raubvögel zu bestätigen. Korrodierte Knochen und isolierte Zähne können dagegen auch von anderen Raubvögeln, aber auch von Beuteresten von Mardern und größeren Raubtieren stammen.

Das Vorkommen von Arthropodenresten (Körpersegmente, ein Gliedmassenteil, ein Abdomenrest), welche in vermutlich phosphatisiertem Zustand vorliegen (gilt auch für die vorhandenen *Celtis*- und Gastropodenreste), sprechen für ein extremes Ablagerungsmilieu (v. a. die Spalten P 6, P 10, P 18). Hierbei ist an ein ursprüngliches Vorliegen großer Mengen von Vogel- und Fledermausexkrementen zu denken, welche eine frühe Phosphatisierung der Knochen und weiterer Fossilreste ermöglichten. Die sehr gut erhaltenen Chiropteriden sprechen für eine Einlagerung nach einem natürlichen Tod. Ihre immense Anzahl, sowie der oben genannte Umstand der Phosphatisierung, deutet darauf hin, daß diese Tiere Bereiche des Karstsystems (Höhlensystems) selbst bewohnten und zudem ein Eintrag durch Gewölle aus einem Vogelhorst und/oder durch Beutereste von einem Raubvogel-Fraßplatz in die Höhle stattfand.

Die verhältnismäßig seltenen Gebißreste von Großsäugern liegen überwiegend als Einzelfunde vor. Diese sind eher als zufällige Einschwemmungen anzusehen, oder – wie schon erwähnt – von Raubtieren als Beutereste eingetragen worden. Die bei Großsäugerresten zu beobachtende longitudinale Aufspaltung von Skelettresten ist evtl. auf eine längere Verweildauer dieser Komponenten ohne Sedimentbedeckung vor oder nach dem Eintrag in die Spalte zu erklären (→ ANDREWS 1990:101).

Somit muß für die Genese der Fundstellen ein differenzierter Verfüllungsmodus angenommen werden, der sowohl von zeitlichen als auch von sedimentären und ökologischen Faktoren abhängig ist. Berücksichtigt man den Umstand, daß verschiedene Aufarbeitungen und Umlagerungen innerhalb eines Karstbereiches nicht die Ausnahme, sondern offensichtlich die Regel darstellen, ist mit zusätzlichen Schwierigkeiten bei Deutungen der Spaltengenese und der Alterseinstufung der Faunen zu rechnen. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich, wenn

Umlagerungen und Aufarbeitungen nicht nur in biostratigraphisch auflösbaren Zeiträumen, sondern in kürzeren Abständen oder kontinuierlich stattfanden (und stattfinden). Es muß, zumindest in diesem Gebiet, von zeitlich parallel ablaufenden Vorgängen der Verkarstung, Verfüllung, sowie Umlagerung und Vermischung ausgegangen werden. „Die Spaltenfüllungen bei fortdauernder Verkarstung" (DEHM 1978:310) stellen also im Untersuchungsgebiet eher den Regelfall als die Ausnahme dar. Ein weiteres Beispiel erwähnt ANDREWS (1990:161) mit der hochkomplexen Entstehungsgeschichte der Westbury-Hohle (GB), wo Verkarstung und Erosion abwechselnd und gleichzeitig vorkommen können.

Bisher nachgewiesene Aufarbeitungen/Umlagerungen in den Petersbucher Faunen: (unterstrichen = Alter der Hauptmasse der Kleinsäuger-Verfüllung)

P 6 : <u>MN 8 od. 9</u> + (Mittel-)Oligozän / Untermiozän (MN 4) / (Jung-)Pleistozän

P 7 : <u>MN 4</u> + (Mittel-)Oligozän

P 8 : <u>MN 3/4</u> + (Alt-)Pleistozän

P 10 : <u>MN 8 od. 9</u> + (Mittel-)Oligozän

P 11 : <u>MN 3/4</u> + (Mittel-)Oligozän

P 12 : <u>MP 20/21</u> + (Alt-)Pleistozän

P 13 : <u>MN 1–3 ?</u> + Obermiozän / (Mittel-)Oligozän

P 14 : <u>MN 9</u> + Altpleistozän (MN 17/18)

Aus der Farbe des Sediments kann unter Umständen eine erste, grobe Altereinstufung vorgenommen werden, da anscheinend bestimmte Tendenzen vorzuliegen scheinen. Im Detail muß jedoch mit gravierenden Abweichungen von diesen Erstbewertungen gerechnet werden. Generell scheinen im Petersbucher Bruchrevier oligozäne und untermiozäne (MN 3–4) Spaltenfüllungen durch rote- bis gelbbraune Farbtöne charakterisiert zu sein, während sich die Füllungen mit einem MN 1–2 und MN 8 od. 9-Alter durch graugelbe bis hellbraune Farben ausweisen. RUMMEL (1992:76) erwähnt jedoch die Erschwerung einer solchen Korrelation durch gleichzeitig unterschiedliche Sedimentationsbedingungen, sowie durch eine oft anzunehmende Umlagerung und Vermischung, weshalb eine Alterseinstufung der Füllungen nach farblichen Kriterien nicht vollziehbar ist. Ähnliches gilt für fazielle Unterschiede, z. B. im Quarz- und Bohnerzgehalt, die vor allem von den Einlagerungsumständen (Palaeoklima, palaeohydrologische Verhältnisse) abhängig sind und meist an regionale Bedingungen gebunden waren. Die Beurteilung sedimentologischer Faktoren ist jedoch prinzipiell notwendig für bestimmte Aussagen zur Spaltengenese.

Eine Möglichkeit, Aussagen über Umlagerungsvorgänge zu treffen, ist u. a. mit der Beurteilung der Faunendiversität gegeben (vgl. S. 16).

6. Paläogeographische und -hydrologische Bedeutung

Die neu beschriebenen Karstfüllungen stellen die bisher jüngsten bekannten miozänen Faunen der Fränkischen Alb dar. Nach HEISSIG (1978:262) war eine Meerestransgression im Molassebecken eine Voraussetzung für die Plombierung und damit Verfüllung der Karstspalten, was im MN 8 od. 9-Bereich nicht zutreffen kann. Es ist denkbar, daß oberflächenhydrologische Veränderungen und kurzfristige Klimaänderungen die im Tertiär wie heute vorkamen, einen starken Einfluß hatten. Daß die Häufung der fossilführenden Karstspalten teilweise mit den Meerestransgressionen im Molassebecken zusammenfällt, kann vielfältige Ursachen haben, wie z. B. Tektonik und verstärkt warmfeuchtes Klima (ein solches ist für den Zeitraum MN 3/4 belegt).

Der von HEISSIG (1978:260f) festgestellte Zusammenhang von räumlichen Gruppierungen in der Altersverteilung der Spaltenfüllungen und ein teilweiser Bezug zur Merestransgression im Molassebecken wird dahingehend relativiert, daß bei guten Aufschlußbedingungen durchaus vielfältige Zeitabschnitte in manchen Gebieten nachzuweisen sind, was belegt, daß das entsprechende Gebiet immer wieder (etappenweise) intensiver Verkarstung ausgesetzt war. Mit dieser Verkarstung verliefen Prozesse der Verfüllung parallel. Es ist wahrscheinlich, daß es sich auf der Hochfläche um Verkarstungsregionen von größerer Dimension handelt (Höhlensysteme?), in denen Vorgänge der Verkarstung, Verfüllung und Aufarbeitung bzw. Umlagerung gleichzeitig, aber an verschiedenen Stellen stattfanden bzw. noch stattfinden.

Für die Karstlandschaft der Alb bleibt ferner festzustellen, daß unsere Kenntnis an die aktiven Steinbruchreviere gebunden sind, welche sich fast ausschließlich im WJ δ befinden. Somit bleibt unser Wissen insgesamt sehr lückenhaft. Zudem wurden bisher nur einigermaßen ergiebige oder aus anderen Gründen interessante Füllungen untersucht; die zahlreichen Spalten mit geringen Fossilkonzentrationen blieben aber meist unberücksichtigt.

Die Aussage von HEISSIG (1978:264), daß die oberen Bereiche der Spalten fast immer ausgeräumt und durch fossilleeres, jüngeres Material ersetzt seien, konnte nicht in diesem Umfang bestätigt werden. Im Untersuchungsgebiet beginnt die Fossilführung der meisten Spalten unmittelbar unter der Vegetationsschicht (P 2, P 3, P 4, P 5, P 6, P 7). Die enorme Fossilanreicherung der Füllungen P 6, P 10 und P 18 setzte z. B. 1,5-2 m unter der Erdoberfläche ein. Die Fundstellen P 11 und P 12 wurden dagegen lokal bis zu 6 m und tiefer unter die heutige Oberfläche ausgeräumt und anschließend mit z.T. fossilführendem Pleistozän verfüllt. Sicherlich sind die oberen Bereiche vieler Spalten jedoch erodiert und somit nicht mehr erkennbar. Die Abtragung nach der Spaltenverfüllung dürfte aber nur wenige Meter betragen haben.

7. Ökologie der Faunen

(siehe Abb. 4 u. 5)

Versuche zur Ökologierekonstruktion anhand von Kleinsäugerfossilgemeinschaften aus Karstfundstellen (u. a. HEISSIG 1978, BOLLIGER et. al. 1993) sind sehr kritisch zu betrachten, mit der entsprechenden Vorsicht jedoch durchaus interessant (Artenvielfalt, hohe Individuenanzahl und nur aus Spalten bekannt gewordene Arten), selbst wenn Unsicherheiten betreffend der stratigraphischen Einheitlichkeit der Fauna, des Einzugsgebietes, der Zeitspanne der Verfüllung, sowie der Art des Eintrages bestehen sollten.

Ein häufig auftretendes Problem bei Faunenauswertungen ist die Beurteilung der (mehr oder weniger) vorhandenen Faunendiversität. In Karstfüllungen untergeordnete Faunenelemente müssen zunächst immer mit größter Vorsicht behandelt werden, da sie durch Umlagerungen eingebracht worden sein könnten. Beim Schlämmen des Petersbucher Materials konnten in P 10 zwei oligozäne *Pseudosciurus*- Zähne nachgewiesen werden, welche eine aus sedimentologischen Gründen bereits vorab vermutete Aufarbeitung belegen. Ein sinnvolles Vorgehen bei der Probennahme ist das orientierte und sedimentäre Besonderheiten berücksichtigende Aufsammeln des Schlämm-Materials.

ANDREWS (1990:173) erwähnt eine von ihm in einer Schicht des pleistozän verfüllten Westbury-Höhlensystems (GB) vorgefundene erhöhte Faunendiversität als mögliche Faunenvermischung. Der Zeitraum der totalen Verfüllung dieses Systems dauerte seiner Meinung nach mindestens zwei Warm- und eine Kaltzeit im Mittelpleistozän, also ca. 200.000 Jahre. WU (1993:138) beobachtete ebenfalls groß erscheinende Faunendiversität in der Gliridenfauna von Petersbuch 2 (MN 4a mit möglichen MN 5-Anteilen), welche sie auf

Verfüllung über einen längeren Zeitraum zu deuten versuchte. Auch in der Fauna von Stubersheim 3 verzeichnete WU einige von der Norm abweichende Zähne, die eine Vermischung anzudeuten scheint. Da die Gliriden in diesem Zeitraum allgemein eine hohe Artendiversität zeigen, ist dieses Argument für eine Faunenvermengung mit Vorsicht zu betrachten und von der subjektiven morphologisch-taxonomischen Beurteilung des Bearbeiters abhängig.

Während die Fundstellen P 7, P 8 u. P 14 eine „normale“ Faunenverteilung aufweisen, überwiegt bei den anderen der Anteil an Kleinsäugern (soweit aus der vorhandenen Fossilmenge Rückschlüsse zulässig sind), was auf einen Sortierungsmechanismus geogener (z. B. durch Wassertransport mit Sortierung durch „Schweretrennung“) oder biogener Art hindeutet, die z. B. eine Anreicherung des Fossilmaterials durch eine Spezialisierung der Nahrung eines Beutegreifers sein kann. Besondere Vorsicht ist bei der Übertragung von ökologischen Parametern rezenter Arten und Gattungen auf den fossilen Lebensraum geboten, da nach rezenten Befunden neben unspezifischen auch spezifische Verhaltensmuster kurzfristig geändert werden können.

Die Faunen P 6, P 10 und P 18 enthalten wie erwähnt fast ausschließlich gut erhaltene Kleinsäugerreste, die weder Transport- noch starke Anätzspuren zeigen, was dafür spricht, daß es sich um Beutereste größerer Raubvögel handelt. Die Zusammensetzung der Faunen (v. a. Lagomorpha, Erinaceiden, Chiroptera, Cricetiden, dagegen wenig Gliriden, Eomyiden, Sciuriden, Soriciden, Talpiden und Dimyliden) macht eine Selektion außerhalb der naturlichen ökologischen Verbreitungshäufigkeit wahrscheinlich.

Nach ANDREWS (1990:188) bietet sich im Rezentvergleich besonders der Uhu *(Bubo bubo)* als Jäger an, da er ausschließlich nachtaktiv ist, Spitzmäuse und Maulwürfe meidet, selten tagaktive, unterirdisch lebende und baumlebende Formen jagt und sich gelegentlich auf Amphibien und Fledermäuse (!) spezialisiert, manchmal wird auch größere Beute gejagt. ANDREWS (1990:189) schreibt dazu : „Two biases are present : noctual animals are taken more commonly because of the hunting activity pattern of the owl and animals living in the more open and wetter parts of the owls hunting range may be over-represented.“ Natürlich läßt sich die Akkumulation von Gewöllresten eines Uhu-Vorfahren nicht sicher nachweisen, eine entsprechende Vermutung offenbart jedoch keine Widersprüche. Wenn wir von dieser Hypothese ausgehend auf die Lebensweise der Beute schließen (was natürlich spekulativ ist) so bieten sich folgende Interpretationen fur die nachfolgenden, heute ausgestorbenen Gattungen an : Dimyliden, *Eumyarion* und *Eomyops* waren entweder unterirdisch lebend, hielten sich in dichtem Buschwerk auf oder waren tagaktiv.

8. Anmerkungen zur Thematik von Mischfaunen

(vgl. auch SCHLOSSER 1902, DEHM 1961, FAHLBUSCH 1970, DEHM 1978, MAYO 1987)

Geht man von ca. 340–350 fossilführenden Spaltenfüllungen der Fränkisch-Schwäbischen Alb aus, die bisher publiziert wurden (modifiziert nach RUMMEL 1993), so liegen unserer Kenntnis nach in ca. 35–40 dieser Fundstellen mindestens zwei unterschiedlich alte Faunenkomplexe vor. Das prinzipielle Problem bei solchen Angaben besteht darin, daß besonders bei älteren Fundstellen nicht mehr verifiziert werden kann, ob tatsächlich eine Altersdifferenz vorlag, oder ob eine Beimengung nicht erwähnt wurde, da es sich zumeist nur um Einzelstücke in ansonsten reichhaltigen Faunen handelt. Es fällt auf, daß Vermischungen gehäuft in Gebieten mit mehreren Fundstellen (oft zu einem System gehorig) auftreten. Liegen zudem, wie es häufig der Fall ist, unterschiedlich alte Karstspalten in unmittelbarer Nachbarschaft, oder stehen untereinander in Verbindung, verwundert eine Vermischung durch Umla-

gerung und Ausräumung der Einzelspalten nicht weiter, da in einer exponierten Lage mit vermehrten Verkarstungsprozessen auch die Vorgänge der Aufarbeitung und Umlagerung gehäuft auftreten.

Ein typischer Fall des o. g. Vorkommens stellten die zahlreichen Einzelfundstellen an der Grafenmühle dar (u. a. SCHLOSSER 1902, DEHM & FAHLBUSCH 1970, HEISSIG 1978). Hier lagen drei Karstsysteme mit unter- bis mitteloligozänem und untermiozänem Alter räumlich eng zusammen vor. Während die mitteloligozänen Spalten z. T. eine beträchtliche Beimengung von unteroligozänen Faunenelementen (soweit taxonomisch trennbar) führten, waren oligozäne Beimengungen in den miozänen Spalten selten.

Eine Häufung von gemischten Karstfaunen und -sedimenten läßt sich in folgenden Gebieten erkennen (zugleich Bereiche mit einer Häufung von Spaltenfundpunkten) :

- Petersbuch
- Pappenheim und Übermatzhofen
- Haag
- Weißenburg
- Herrlingen

Zwei zeitlich unterschiedliche Faunenkomplexe mit stratigraphisch großem Abstand stellen kein Problem dar. Die Schwierigkeit ist festzustellen, ob (und der Verdacht besteht) auch zeitlich nahestehende Faunen in einer Spalte gemischt auftreten, oder sogar ein permanenter Eintrag von Tierresten über einen längeren geologischen Zeitraum stattfand.

Letzteren Fall schließen wir aus geologisch-sedimentologischen Gründen für das untersuchte Gebiet aus, wenn es sich um kleindimensionierte Verkarstungshohlräume handelt. Schwer abschätzbar auf ihr Vermischungspotential sind jedoch weit verzweigte, größer dimensionierte Verkarstungsgebiete mit korrespondierenden Spaltenzügen oder ehemalige Höhlenbildungen. Hier sollte man von einer permanent stattfindenden Verkarstung und Umlagerung ausgehen. Eine sehr genaue Geländeaufnahme und Beprobung der Karstspalten ist somit die Grundvoraussetzung für eine Bearbeitung der Faunen unter besonderer Beachtung von Faunendiversitäten. Oftmals versagen jedoch auch Beprobungen unter besonderer Berücksichtigung der jeweiligen Sedimentbeschaffenheit. Eine WJ-Tasche einer Teilspalte von Rothenstein 1/13 (RUMMEL 1993) lieferte, ohne Hinweis durch das Sediment, im vorderen Bereich der Tasche eine reiche MN 5-Fauna, das Material wenige Zentimeter dahinter eine unvermischte, reichhaltige MN 4-Fauna.

Faunen aus Spaltenfüllungen sollten jedoch wegen der angeführten Problematik keinesfalls von der taxonomischen Bearbeitung ausgeschlossen werden, zumal sie u. a. zur Erkenntnis differenzierter ökologischer Bedingungen wertvolle Beiträge leisten können.

9. Literatur

ANDREWS, P., 1990 : Owls, Caves and Fossils. Predation, preservation and accumulation of small mammal bones in caves, with an analyis of the Pleistocene cave faunas from Westbury-sub-Mendip, Somerset, UK. – 1–231, London Natural History Museum Publication.

BERGER, G., 1986 : Neu entdeckte tertiäre fossilführende Karstfüllungen auf der Alb. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **26:** 163–188, 29 Abb., München.

BERGER, J.-P., 1992 : Correlative chart of the European Oligocene and Miocene : Application to the Swiss Molasse Basin. – Eclogae geol. Helv. **85 (3):** 573–609, pl. 2, tab. 10, Basel.

BOLLIGER, T., 1992: Kleinsäugerstratigraphie in der miozänen Hörnlischüttung (Ostschweiz) - Documenta naturae **75:** 1–296, 106 Abb., 23 Tab. München.

BRUIJN, H. DE, DAAMS, R., DAXNER-HOCK, G., et al., 1990: Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reisensburg . – Newsl. Stratigr. **26:** 65–118, 12 Tab., 3 App., Berlin, Stuttgart.

DEHM, R., 1961 : Spaltenfüllungen als Lagerstätten fossiler Landwirbeltiere. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **1:** 57–72, 1 Abb., München.

DEHM, R., 1961 : Über neue tertiäre Spaltenfüllungen des süddeutschen Jura- und Muschelkalk-Gebietes. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Pal. hist. Geol. **1:** 27–56, 5 Abb., Taf. 3–4, München.

DEHM, R., 1978 : Neue tertiäre Spaltenfüllungen im Süddeutschen Jura. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **18:** 289–313, 4 Abb., München.

DEHM, R., & FAHLBUSCH, V., 1970 : Zur Bezeichnung fossilführender Spaltenfüllungen. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **10:** 351–364, 1 Abb., München.

DEPÉRET, C., 1892 : La Faune de Mammifères Miocènes de La-Grive-Saint-Alban (Isère). – Arch. Mus. Lyon **5:** 1–93, 4 Taf., Lyon.

FAHLBUSCH, V., 1966 : Cricetidae (Rodentia, Mamm.) aus der mittelmiozänen Spaltenfüllung Erkertshofen bei Eichstätt. - Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **6:** 109–131, 6 Abb., Taf. 10, München.

GAILLARD, C., 1897 : Noveau genre d´Insectivores du Miocène moyen de La Grive-Saint-Alban (Isère) – C. R. S. Acad. Sc. **124(22):** 1248–1250, Paris.

HEISSIG, K., 1970 : Neue Fundstellen oligozäner Spaltenfaunen im schwäbisch-fränkischen Jura – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **10:** 331–350, 7 Abb., München.

HEISSIG, K., 1978 : Fossilführende Spaltenfüllungen Süddeutschlands und die Ökologie ihrer Huftiere. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **81:** 237–288, 7 Abb., München.

HEIZMANN, E. P. J., 1983 : Die Gattung Cainotherium (Cainotheriidae) im Orleanium und im Astaracium Süddeutschlands. – Eclogae geol. Helv. **76(3):** 781–825, 17 Fig., Basel.

KALIN, D., 1992 : Stratigraphie und Säugetierfaunen der Oberen Süßwassermolasse der Nordwestschweiz. Dissertation Nr. **10152** der ETH Zürich. 1–237.

MAJOR, F., 1899 : On fossils and recent Lagomorpha . – Trans. of the Linn. Soc. **2(7):** 433–524, London.

MAYO, N. A., 1987 : Die Verschiedenaltrigkeit der fossilen Säugetierfaunen aus den Karstspalten des Quercy. - Eclogae geol. Helv. **80(3):** 1087–1104, 4 Fig., Basel.

MEIN, P., 1975 : Biozonation du Neogene mediterraneen a partir des mammiferes. – In: Report on activity of RCMN working groups (1971–1975): 78-81, 1 tab., Bratislava.

MEIN, P., 1989 : Updating of MN zones. In : LINDSAY, E. H., FAHLBUSCH, V., & MEIN, P., 1989 -European Neogene Mammal Chronology. – Nato ASI-series, Plenum Press: 73–90, 2 tabs., New York.

ROTH, C. H., 1989: Die Raubtierfauna (Carnivora, Mamm.) der untermiozänen Spaltenfüllung von Erkertshofen 2 bei Eichstätt/Bayern. -Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **29:** 163–205, 15 Abb., 3 Tab., München.

RUMMEL, M., 1992 : Neue tertiäre fossilführende Spaltenfüllungen der südlichen Frankenalb. – unveröff. Dipl. Arbeit (Teil I), der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg: 1–93, 45 Abb., Erlangen.

RUMMEL, M., 1993 : Neue fossilführende Karstfüllungen der Schwäbisch-Fränkischen Alb. – Documenta naturae **79:** 1–32, 15 Abb., München.

SCHLOSSER, M., 1902 : Beiträge zur Kenntnis der Säugetierreste aus den süddeutschen Bohnerzen. – Geol. Pal. Abh. N. F. **5(3):** 117–144, Taf. 6–10, 3 Abb., Jena.

SCHLOSSER, M., 1916 : Neue Funde fossiler Säugetiere in der Eichstätter Gegend. – Abhandlungen der Königl. Bayer. Akad. der Wiss., Math. Nat. Kl. **28(6):** 1–78, München.

SCHMIDT-KITTLER, N., 1977: Some aspects of evolution and provincialism of rodent faunas in the european paleogene – Geobios, Mem. special **1:** 97–106, 3 fig., Lyon.

SCHMIDT-KITTLER, N., 1989: A biochronologic subdivision of the European Paleogene based on Mammals. – Report on Results of the Palaeogene Symposium held in Mainz in Feb. 1987. in : LINDSAY, E., FAHLBUSCH, V. & MEIN, P., 1989. – European Neogene Mammal Chronology. Nato ASI-series, Plenum Press: 47–50, New York.

SCHÖTZ, M., 1981: Erste Funde von Neocometes (Rodentia, Mammalia) aus der Molasse Bayerns. Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **21:** 97–114, 8 Abb., 1 Tab., München.

TOBIEN, H., 1968 : Typen und Genese tertiärer Säugerlagerstätten. – Eclogae geol. Helv. **61(2):** 549–575, 2 Fig., Basel.

WU, W., 1993 : Neue Gliridae (Rodentia, Mammalia) aus untermiozänen (orleanischen) Spaltenfüllungen Süddeutschlands. - Documenta naturae **81:** 1-149, 19 Abb., 11 Tab., München.

ZAPFE, H., 1954 : Beiträge zur Erklärung der Entstehung von Knochenlagerstätten in Karstspalten und Höhlen. - Beih. z. Z. Geologie **12:** 1-58, Taf. 1, 12 Abb., Berlin.

ZIEGLER, R. & FAHLBUSCH, V., 1986: Kleinsäuger - Faunen aus der basalen Oberen Süßwasser-Molasse Niederbayerns. – Zitteliana **14:** 31 Abb., 17 Tab., 10 Taf., München.

ZIEGLER, R., 1990: Didelphidae, Erinaceidae, Metacodontidae und Dimylidae (Mammalia) aus dem Oberoligozän und Untermiozän Süddeutschlands. - Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. B, Nr. **158:** 1–99 , 11 Taf., 6 Abb., 7 Tab., Stuttgart.

ZIEGLER, R., 1993: Die Chiroptera (Mammalia) aus dem Untermiozän von Wintershof - West bei Eichstätt (Bayern). – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. **33:** 119–154, 3 Abb., 5 Tab., 5 Taf., München.

Tafel 1

Fig. 1: Die Fundstellen Petersbuch 6 und Petersbuch 18 (rechts)

Fig. 2: Die Spalte Petersbuch 7

Fig. 3: Der Spaltenverlauf von Petersbuch 8 und Petersbuch 9

Tafel 2

Fig. 1: Die Fundstelle Petersbuch 14

Fig. 2: Die Fundstelle Petersbuch 10 (links der Bildmitte)

Fig. 3: Die Karstspalten Petersbuch 12 und Petersbuch 13 (rechts)



Fig. 1



Fig. 2

Fig. 3



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3